

## **CZŁOWIEK I JEGO SYMBIOTYCZNE MIKROORGANIZMY: WIELOŚĆ CZY JEDNOŚĆ?**

– Adrian Stencel –

*Mikroorganizm* to sztuczna kategoria obejmująca obiekty należące do tak zróżnicowanych grup jak bakterie, wirusy czy drobne organizmy eukariotyczne, które łączy jedynie to, że są niewidoczne dla oka ludzkiego. Nauki biologiczne przez dłuższy czas pozostawały w przeświadczeniu, że wzajemne oddziaływanie mikroorganizmów z makrobami (wielokomórkowymi, dużymi organizmami jak koty czy psy) ma raczej charakter negatywny. Wraz z rozwojem mikrobiologii coraz więcej badań wskazywało na to, że za różne choroby, które trapiły ludzkość od zarania dziejów, odpowiedzialne są właśnie mikroorganizmy. Ten negatywny obraz uległ drastycznej zmianie w ciągu ostatnich kilkunastu lat. Z dnia na dzień pojawiały się nowe odkrycia, które pokazywały, że mikroorganizmy żyjące wewnątrz i na ciele zwierząt (zbiorczo nazywane mikrobiomem) są niezbędne dla ich prawidłowego funkcjonowania. Przykładowo, coraz więcej wskazuje na to, że układy pokarmowe wielu gatunków zwierząt (w tym człowieka) mogą funkcjonować w prawidłowy sposób tylko jeśli posiadają odpowiedni zestaw mikroorganizmów w jelitach, a zmiany w jego składzie mogą prowadzić do różnych stanów chorobowych np. otyłości. W efekcie prowadzonych badań stopniowo wyłaniało się przekonanie, że nie możemy już dłużej myśleć o zwierzętach w sposób oderwany od ich symbiotycznych mikroorganizmów.

Te odkrycia prowadzą do filozoficznego pytania o to, jaka jest natura takich zbiorowisk. Czy powinniśmy traktować organizm wielokomórkowy wraz z jego mikrobiomem jako pojedynczy obiekt czy może zbiór obiektów zaangażowanych w sieć interakcji? Odpowiedź na to pytanie niekoniecznie musi być prosta, ponieważ w filozofii biologii istnieje wiele kryteriów, które są używane do odróżniania obiektów od zbiorowisk: genetyczne, fizjologiczne, ewolucyjne itp., a praca filozofa biologii polega w głównej mierze na ich analizowaniu i rozwijaniu. W tym eseju skupimy się wyłącznie na analizie kryterium ewolucyjnego, ponieważ ostatnio zaczęto sugerować, że skoro mikroorganizmy mogą być niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania zwierząt, to być może odgrywają też ważną rolę w ich ewolucji. Na bazie właśnie takich założeń powstała teoria holobiontu, zgodnie z którą podstawową jednostką selekcji (czyli obiektem, który jako całość podlega doborowi naturalnemu) jest tzw. holobiont, czyli organizm wielokomórkowy wraz z całym swoim mikrobiomem. Idea ta jest bez wątpienia interesującym, odważnym krokiem na drodze badania mechanizmów ewolucji, ponieważ przesuwając środek ciężkości z pojedynczych organizmów (jak psy czy ludzie, o których się powszechnie uważało, że są obiektami selekcjonowanymi przez dobór naturalny) na symbiotyczne zbiorowiska. Ale czy takie postawienie sprawy jest prawidłowe? Jak to często w biologii bywa – wszystko zależy od konkretnego przykładu. Zanim jednak do

tego przejdziemy, przedstawię pokrótce jakie warunki dany obiekt musi spełnić, żeby mógł być jednostką selekcji.

Jak zostało w ostatnich latach zaproponowane przez wielu biologów i filozofów biologii, np. przez Godfrey-Smitha czy autora tego eseju, żeby jakiś obiekt mógł zostać uznany za jednostkę selekcji musi być również reproduktorem tj. obiektem zdolnym do tworzenia innych obiektów. W praktyce oznacza to, że musi składać się z elementów, które współpracują ze sobą w celu wydania większej liczby takich samych obiektów na świat. Takim obiektem są m.in. eukariotyczne organizmy jednokomórkowe (np. algi), które składają się z elementów takich jak jądro komórkowe, rybosomy czy mitochondria, zaangażowanych zarówno w liczne reakcje biochemiczne wewnątrz komórki, jak również w interakcje ze środowiskiem zewnętrznym, np. uciekanie przed drapieżnikami – wszystko po to, żeby stworzyć więcej takich samych komórek. Do niedawna podobnie myślano o człowieku. Człowiek, rozumiany jako zespół komórek pochodzących z zygoty, miał stanowić jednostkę selekcji, ponieważ składał się z komórek współpracujących ze sobą w celu wydania na świat potomstwa. Ten wysoki poziom współpracy pomiędzy elementami jest u ludzi szczególnie widoczny. Mamy tutaj komórki nerwowe, które odbierają bodźce ze środowiska, komórki mięśniowe, które odpowiedzialne są za poruszanie się organizmu, czy komórki linii płciowej (plemniki, komórki jajowe), które stanowią budulec, z którego powstaje następny organizm. Ze względu na tę ogromną skalę współpracy między różnorodnymi komórkami organizmu człowieka, nie powinna dziwić powszechność przeświadczenia, iż to właśnie pojedynczy człowiek jest jednostką selekcji.

W następstwie badań nad znaczącą rolą mikroorganizmów w funkcjonowaniu człowieka obraz ten zaczyna być jednak stopniowo porzucany. Pojawiają się próby zastąpienia go podejściem bardziej holistycznym, sugerującym, że za jednostkę selekcji powinniśmy uznać człowieka i jego wszystkie symbiotyczne mikroorganizmy. Czy w ramach powyższego sformułowania należy uznać takie podejście za prawidłowe? Zagadnienia takie najlepiej rozważać wskazując przykład kontrastujący z proponowaną wizją. Przywołajmy więc zjawisko interakcji pomiędzy organizmem wielokomórkowym a symbiotyczną bakterią stanowiące połączenie, które powszechnie uważa się za jednostkę selekcji – mszyce i ich symbiotyczne bakterie *Buchnera sp.* Bakterie te są dla mszyc niezwykle ważne – dostarczając im aminokwasów, których brakuje w diecie opartej na cukrach wysysanych z roślin, stają się obiektem silnej zależności funkcjonalnej. Jednak co skłania uczonych do sugerowania, że mszyce z ich symbiotycznymi bakteriami stanowią jednostkę selekcji? Można powiedzieć, że wynika to z ogromnej skali współzależności pomiędzy nimi, wykształconych w wyniku milionów lat interakcji, podczas których wyewoluowało wiele cech zacieśniających te więzi. Głównie stało się to za sprawą utraty przez bakterie genów niezbędnych do samodzielnego życia poza ciałem mszyc (np. tych związanych z ochroną), która odbyła się albo w wyniku licznych mutacji w tych genach, które sprawiły, że geny przestały działać albo w wyniku ich transferu do jądra komórkowego mszyc. W wyniku tych zmian, mszyce i bakterie *Buchnera sp.* zatraciły swoją niezależność i w tej chwili rozmnażają się jako jeden obiekt – bakterie przekazywane są z pokolenia na pokolenie przez mszyce w specjalnych propagulach (bakteriocytych). Ponieważ organizmy te funkcjonują jako jeden reproduktor, uzasadnione jest twierdzenie, iż stanowią one pojedynczą jednostkę selekcji.

Jak wygląda sytuacja w przypadku symbiotycznych mikroorganizmów człowieka? Jak pokazują najnowsze badania, podobnie jak u mszyc, mikroorganizmy żyjące w obrębie naszego ciała są pomocne w utrzymaniu prawidłowego funkcjonowania wielu naszych układów (m.in. immunologicznego, pokarmowego). Istnieje więc pewne podobieństwo pomiędzy nami a mszycami; wszyscy jesteśmy funkcjonalnie powiązani z mikroorganizmami. Jednak czy to podobieństwo jest na tyle duże, że możemy stwierdzić, że gatunek *Homo sapiens* jest „mszycą wśród człekokształtnych”? Na dzień dzisiejszy wyniki badań nie wskazują na taki scenariusz. Innymi słowy, bakterie żyjące w naszych jelitach, na skórze itd. nie wykazują tak wysokiego stopnia zażyłości z człowiekiem, żeby ich proces rozmnażania został zsynchronizowany – nie rozmnażamy się z naszymi mikroorganizmami jako jeden obiekt. Mikroorganizmy są pobierane głównie ze środowiska, w tym w wyniku kontaktu fizycznego z innymi ludźmi, na skutek czego wiele czynników zewnętrznych może wpływać na skład mikrobiomu człowieka. Przykładowo, w toku procesu starzenia zmienia się skład gatunkowy ludzkiego mikrobiomu; nie powinno to jednak dziwić – ponieważ zmieniają się warunki bytowe wewnątrz organizmu, środowisko staje się dla jednych mikroorganizmów bardziej przyjazne, a dla innych mniej. W związku z tym trudno utrzymywać, jakoby mikroorganizmy żyjące w obrębie ciała człowieka stanowiły z nim jedność, pojedynczy obiekt, jednostkę selekcji, której elementy współpracują, żeby stworzyć więcej takich jednostek. Jest raczej tak, że na różnych etapach życia ścieżki człowieka i różnych mikroorganizmów przecinają się. Z tego powodu lepiej myśleć o człowieku i o każdym mikroorganizmie żyjącym w obrębie jego ciała jako o niezależnych jednostkach selekcji, które współpracują ze sobą dążąc do reprodukcji – podobnie jak w przypadku pszczoł i kwiatów, które współpracują, ponieważ mają z tego obopólny zysk, a nie dlatego że stanowią pojedynczą jednostkę. Innymi słowy, człowiek i jego symbiotyczne mikroorganizmy stanowią wielość zaangażowaną w sieć interakcji, która czasami może być tak skomplikowana, iż daje złudne poczucie jedności.

## Literatura

- Godfrey-Smith P. (2009), *Darwinian Populations and Natural Selection*, Oxford University Press, Oxford. doi:[10.1093/acprof:osobl/9780199552047.001.0001](https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199552047.001.0001)
- Stencel A., Crespi B. (2013), *What is a genome?*, „Molecular Ecology” 22 (13): 3437–3443. doi:[10.1111/mec.12355](https://doi.org/10.1111/mec.12355)
- Stencel A. (2016), *The Relativity of Darwinian Populations and the Ecology of Endosymbiosis*, „Biology & Philosophy” 31 (5): 619–637. doi:[10.1007/s10539-016-9531-5](https://doi.org/10.1007/s10539-016-9531-5)
- Zilber-Rosenberg I., Rosenberg E. (2008), *Role of Microorganisms in the Evolution of Animals and Plants: The Hologenome Theory of Evolution*, „FEMS Microbiological Review” 32 (5): 723–735. doi:[10.1111/j.1574-6976.2008.00123.x](https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2008.00123.x)

Adrian Stencel – doktorant w Zakładzie Filozofii Nauk Przyrodniczych w Instytucie Filozofii UJ.

Artykuł powstał dzięki dofinansowaniu z Instytutu Filozofii UJ w ramach projektu „Zintegrowany system zdalnego nauczania w IF UJ”.